

Activité expérimentale n° 1 – Mesure de pH et dilutions

► Introduction

Un technicien de laboratoire cherche à tester un nouveau produit révolutionnaire! Pour cela, il a besoin de $V=1,0\text{ L}$ solution d'acide possédant un pH de 5,5 pour tester son produit. Malheureusement, il ne possède que 50 mL de cette solution à un pH de 3,5. Comment va-t-il s'en sortir?!

✓ Savoirs et savoir-faire

Savoirs	Savoir-faire / capacités
pH et relation $pH = -\log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C^\circ}\right)$	- Déterminer, à partir de la valeur de la concentration en ion oxonium $[\text{H}_3\text{O}^+]$, la valeur du pH de la solution et inversement. - Mesurer le pH de solutions d'acide chlorhydrique (H_3O^+, Cl^-) obtenues par dilutions successives d'un facteur 10 pour tester la relation entre le pH et la concentration en ion oxonium H_3O^+ apporté.

♡ À retenir

Document 1 - Relation entre le pH d'une solution et la concentration en ions oxonium H_3O^+

$$pH = -\log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C^\circ}\right)$$

avec :

- $C^\circ = 1,0\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ la concentration standard de référence
- $[\text{H}_3\text{O}^+]$ la concentration en ions oxonium ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)
- le pH est une grandeur sans unité

Document 2 -Fonctionnement et composition d'un pH-mètre

Un pH-mètre est composé d'une sonde pH reliée à un boîtier de mesure. La sonde mesure une différence de potentiel (tension électrique) entre la solution à étudier et une cavité contenant une solution de chlorure de potassium de potentiel connu. Cette différence de potentiel est directement reliée à la **concentration en ions oxonium $[\text{H}_3\text{O}^+]$** . Le boîtier est donc en réalité un **voltmètre** qui mesure directement une différence de potentiel. Le pH-mètre nécessite d'être **étalonné au début de chaque séance**.

🔗 Remarque

La sonde pH, également appelée **électrode de verre**, est très fragile et se manipule avec précaution. La sonde doit constamment être immergée dans de l'eau distillée lorsqu'elle ne sert pas (entre deux mesures par exemple).



Document 3 -Etalonnage du pH-mètre

Vous disposez de trois solutions étalons, ce sont des solutions tampons dont on connaît précisément le pH. **Une solution est dite tampon si son pH ne varie pas lors d'un ajout modéré de solution acide ou basique.**

Activité expérimentale n° 1 – Mesure de pH et dilutions

- ① Appuyer sur la touche « cal » (calibration) du boîtier. Passer les informations sur la dernière calibration en appuyant sur ✓ puis régler la température à celle de la salle.
- ② Lorsqu'il est affiché « Plonger l'électrode dans la solution tampon 1 », le faire puis appuyer sur ✓ afin de valider. Si vous travaillez en milieu acide il faut choisir le tampon $pH = 4$ tandis qu'on choisira le tampon $pH = 10$ si vous travaillez en milieu basique.
- ③ Vous pouvez ensuite valider, il s'affiche « Plonger l'électrode dans la solution tampon 2 ». **Rincer l'électrode** à l'eau distillée puis la plonger dans le tampon $pH = 7$.
- ④ Vous pouvez ensuite valider, la sonde est prête à être utilisée **une fois rincée** à l'eau distillée.

Document 4 - Quelques propriétés du logarithme décimal

- $\log(a \times b) = \log(a) + \log(b)$
- $\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log(a) - \log(b)$

La fonction réciproque du logarithme décimal est la fonction « 10 puissance »

- $\log(10^a) = a$
- $10^{\log(a)} = a$

Document 5 - Rappel sur la dilution d'une solution

Vous disposez d'une solution d'acide chlorhydrique ($H_3O^+(aq)$, $Cl^-(aq)$) dont la concentration en quantité de matière d'ions oxonium est $[H_3O^+] = 0,10 \text{ mol} \cdot L^{-1}$.

À retenir

Effectuer une dilution consiste à ajouter du solvant (généralement de l'eau) dans une solution afin d'en diminuer sa concentration.

Pour préparer une solution fille de concentration C_f à partir d'une solution mère de concentration C_m , on prélève un volume V_p de la solution mère avec une **pipette jaugée**, on le verse dans une **fiolle jaugée** de volume V_f que l'on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, puis on homogénéise. Le facteur de dilution vaut :

$$F = \frac{C_m}{C_f} = \frac{V_f}{V_p}$$

TRAVAIL A EFFECTUER

1. Rédiger un protocole permettant de préparer $V = 50 \text{ mL}$ d'une solution S_1 diluée 10 fois à partir de la solution S_0 .

✓ Correction

Le facteur de dilution vaut $F = 10$, donc le volume à prélever est :

$$V_p = \frac{V}{F} = \frac{50 \text{ mL}}{10} = 5,0 \text{ mL}$$

Protocole : prélever 5,0 mL de la solution S_0 avec une pipette jaugée de 5,0 mL (munie d'une propipette), les verser dans une fiole jaugée de 50 mL, compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, boucher puis homogénéiser par retournements.

Activité expérimentale n° 1 – Mesure de pH et dilutions

2. Réaliser les manipulations et compléter le tableau ci-dessous

✓ Correction

On réalise des **dilutions successives d'un facteur 10** : pour chaque solution, on prélève 5,0 mL de la solution précédente avec une pipette jaugée et on les verse dans une fiole jaugée de 50 mL que l'on complète avec de l'eau distillée. La concentration est donc divisée par 10 à chaque étape. Les pH expérimentaux, mesurés avec le pH-mètre étalonné, doivent être très proches des pH théoriques (l'écart peut augmenter pour la solution la plus diluée).

Concentration en ions oxonium $[H_3O^+](mol \cdot L^{-1})$	$1,0 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-4}$
pH théorique	1,00	2,00	3,00	4,00
pH expérimental				

Calculs :

✓ Correction

Concentrations (divisées par 10 à chaque dilution) :

$$[H_3O^+]_{S_1} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}, \quad [H_3O^+]_{S_2} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}, \quad [H_3O^+]_{S_3} = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

pH théoriques, d'après le document 1 :

$$pH(S_0) = -\log\left(\frac{1,0 \times 10^{-1}}{1,0}\right) = 1,00$$

et de même $pH(S_1) = 2,00$; $pH(S_2) = 3,00$; $pH(S_3) = 4,00$.

3. La relation du document 1 est-elle vérifiée? Que peut-on dire du pH d'une solution acide si la concentration est divisée ou multipliée par 10?

✓ Correction

Oui : les pH expérimentaux mesurés coïncident avec les pH théoriques (à la précision de la mesure près). Lorsque la concentration en ions oxonium est **divisée par 10**, le pH **augmente d'une unité**; lorsqu'elle est **multipliée par 10**, le pH **diminue d'une unité**.

Activité expérimentale n° 1 – Mesure de pH et dilutions

4. Aider le technicien de laboratoire à résoudre son problème.

✓ Correction

La solution disponible ($\text{pH} = 3,5$) a pour concentration :

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_i = C^\circ \times 10^{-\text{pH}} = 1,0 \times 10^{-3,5} = 3,2 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Pour obtenir un pH de 5,5, la concentration doit être 100 fois plus faible (elle est divisée par 100 lorsque le pH augmente de 2 unités). Il suffit donc de **diluer 100 fois** la solution : prélever 10,0 mL de la solution avec une pipette jaugée, les verser dans une fiole jaugée de 1,0 L, compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et homogénéiser. Le facteur de dilution vaut bien :

$$F = \frac{V_{\text{fiole}}}{V_{\text{prélevé}}} = \frac{1,0\text{L}}{10,0\text{mL}} = 100$$

5. Calculer la concentration en ions oxonium correspondant à un pH de 5,5.

✓ Correction

En inversant la relation du document 1 :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = C^\circ \times 10^{-\text{pH}} = 1,0 \times 10^{-5,5} = 3,2 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

On retrouve bien la concentration obtenue après dilution d'un facteur 100 à la question précédente : $3,2 \times 10^{-4} / 100 = 3,2 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

6. À l'aide du document 1 et 4, montrer, par le calcul, que le pH diminue d'une unité lorsque la concentration en ion oxonium initiale $[\text{H}_3\text{O}^+]_i$ est multipliée par 10.

✓ Correction

Notons pH_i le pH de la solution initiale. Si la concentration est multipliée par 10, le nouveau pH vaut :

$$\text{pH}_{\text{nouveau}} = -\log\left(\frac{10[\text{H}_3\text{O}^+]_i}{C^\circ}\right) = -\log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_i}{C^\circ}\right) - \log(10)$$

d'après la propriété $\log(a \times b) = \log(a) + \log(b)$ du document 4, avec $\log(10) = 1$. Or $-\log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_i}{C^\circ}\right) = \text{pH}_i$, donc :

$$\text{pH}_{\text{nouveau}} = \text{pH}_i - 1$$

Le pH diminue donc bien d'une unité lorsque la concentration en ions oxonium est multipliée par 10.

♥ À retenir

À retenir :

- $\text{pH} = -\log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C^\circ}\right)$ avec $C^\circ = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; inversement $[\text{H}_3\text{O}^+] = C^\circ \times 10^{-\text{pH}}$. Le pH est une grandeur sans unité.
- Le pH diminue d'une unité lorsque la concentration en ions oxonium est multipliée par 10, et augmente d'une unité lorsqu'elle est divisée par 10.
- Une dilution d'un facteur F s'effectue avec une pipette jaugée et une fiole jaugée : $F = \frac{C_m}{C_f} = \frac{V_f}{V_p}$.
- Le pH-mètre doit être étalonné au début de chaque séance, et sa sonde rincée à l'eau distillée entre deux mesures.